

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 8 月 2 2 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 2 9 9 2 2 3
Application Number:

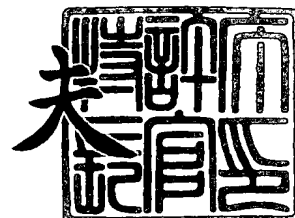
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 2 9 9 2 2 3]

出 願 人 オ リ ン パ ス 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 4 年 3 月 1 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫





【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 特許請求の範囲 1

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0207288

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

基板と、該基板上に形成された薄膜とから構成される光学フィルタであって、
前記薄膜が、屈折率が相対的に低い低屈折率層と屈折率が相対的に高い高屈折率層とが前記基板側から交互に積層されて構成され、
前記高屈折率層の屈折率が前記基板側から漸次高く変化する第 1 の積層部と、
該第 1 の積層部に隣接し、前記高屈折率層の屈折率が第 1 の積層部を構成する高屈折率層のうち最も高い屈折率と略同一である第 2 の積層部と、
該第 2 の積層部に隣接し、前記高屈折率層の屈折率が第 2 の積層部側から漸次低く変化する第 3 の積層部とを備え、
前記第 1 から第 3 の積層部のうち少なくとも一つに、前記高屈折率層の屈折率が、前記低屈折率層を介して隣接する両側の他の高屈折率層よりも低く設定された高屈折率変動層部が挿入されていることを特徴とする光学フィルタ。

【請求項 2】

前記高屈折率変動層部が、前記第 2 の積層部と前記第 1 の積層部又は前記第 3 の積層部との境界又はその近傍に挿入されていることを特徴とする請求項 1 記載の光学フィルタ。

【請求項 3】

前記低屈折率層の屈折率が、前記基板の屈折率と略同一であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光学フィルタ。

【請求項 4】

透過を阻止する波長帯域の中心波長 (λ) に対して設計波長を λ/n (n は整数) とするとき、

前記高屈折率層、前記低屈折率層、及び前記高屈折率変動層部の光学膜厚が、前記設計波長の略 $n/4$ 倍に設定されていることを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか一つに記載の光学フィルタ。

【請求項 5】

前記薄膜のうち前記基板に隣接する初期領域及びその反対側の最終領域を構成する少なくとも 1 層の光学膜厚が、前記設計波長の略 $n/2$ 倍に設定されていることを特徴とする請求項 4 記載の光学フィルタ。

【請求項 6】

基板と、該基板上に形成された薄膜とから構成される光学フィルタであって、
前記薄膜が、屈折率が相対的に低い低屈折率層と屈折率が相対的に高い高屈折率層とが前記基板側から交互に積層されて構成され、
前記低屈折率層の屈折率が前記基板側から漸次低く変化する第 1 の積層部と、
該第 1 の積層部に隣接し、前記低屈折率層の屈折率が第 1 の積層部を構成する低屈折率層のうち最も低い屈折率と略同一である第 2 の積層部と、
該第 2 の積層部に隣接し、前記低屈折率層の屈折率が第 2 の積層部側から漸次高く変化する第 3 の積層部とを備え、
前記第 1 から第 3 の積層部のうち少なくとも一つに、前記低屈折率層の屈折率が、前記高屈折率層を介して隣接する両側の他の低屈折率層よりも高く設定された低屈折率変動層部が挿入されていることを特徴とする光学フィルタ。

【請求項 7】

前記高屈折率層の屈折率が、前記基板の屈折率と略同一であることを特徴とする請求項 6 に記載の光学フィルタ。

【請求項 8】

基板と、該基板上に形成された薄膜とから構成される光学フィルタであって、
前記薄膜が、屈折率が相対的に低い低屈折率層と屈折率が相対的に高い高屈折率層とが前記基板側から交互に積層されて構成され、
前記高屈折率層の屈折率が前記基板側から漸次高く変化するとともに、前記低屈折率層の屈折率が前記基板側から漸次低く変化する第 1 の積層部と、

該第 1 の積層部に隣接し、前記高屈折率層の屈折率が第 1 の積層部を構成する高屈折率層のうち最も高い屈折率と略同一であるとともに、前記低屈折率層の屈折率が第 1 の積層部を構成する低屈折率層のうち最も低い屈折率と略同一である第 2 の積層部と、

該第 2 の積層部に隣接し、前記高屈折率層の屈折率が第 2 の積層部側から漸次低く変化するとともに、前記低屈折率層の屈折率が第 2 の積層部側から漸次高く変化する第 3 の積層部とを備え、

前記高屈折率層の屈折率が前記低屈折率層を介して隣接する両側の他の高屈折率層よりも低く設定された高屈折率変動層部と、

前記低屈折率層の屈折率が前記高屈折率層を介して隣接する両側の他の低屈折率層よりも高く設定された低屈折率変動層部とのうち少なくとも一方が、前記第 1 から第 3 の積層部のうち少なくとも一つに挿入されていることを特徴とする光学フィルタ。

【請求項 9】

前記高屈折率変動層部及び前記低屈折率変動層部のうち少なくとも一方が、前記第 2 の積層部と前記第 1 の積層部又は前記第 3 の積層部との境界又はその近傍に挿入されていることを特徴とする請求項 6 から 8 の何れか一つに記載の光学フィルタ。

【請求項 10】

透過を阻止する波長帯域の中心波長 (λ) に対して設計波長を λ/n (n は整数) とするとき、

前記高屈折率層、前記低屈折率層、前記高屈折率変動層部、及び前記低屈折率変動層部の光学膜厚が、前記設計波長の略 $n/4$ 倍に設定されていることを特徴とする請求項 6 から 9 の何れか一つに記載の光学フィルタ。

【請求項 11】

前記薄膜のうち前記基板に隣接する初期領域及びその反対側の最終領域を構成する少なくとも 1 層の光学膜厚が、前記設計波長の略 $n/2$ 倍に設定されていることを特徴とする請求項 10 記載の光学フィルタ。

【請求項 12】

請求項 1 から 11 の何れか一つに記載の光学フィルタを備えていることを特徴とする光学機器。

【書類名】明細書

【発明の名称】光学フィルタ及び光学機器

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学フィルタ及び光学機器に関する。

【背景技術】

【0002】

生体試料の観察などに用いられる光学機器である蛍光顕微鏡は、染色処理した細胞などの試料へ励起光を当てた際に試料が発する蛍光を観察することにより、試料の構造や性質を解析することができる。

近年のゲノム解析用としては、例えば、502 nmの波長を有する励起光で526 nmにピークを持つ蛍光を観察するというニーズがある。この場合、励起光と蛍光の波長が近いので、蛍光を効率よく検出するために励起光を阻止帯域でカットし蛍光観察波長の光を透過帯域で透過させる光学フィルタが、蛍光測定 of 感度と精度を決める非常に重要なキーパーツとして用いられている。

【0003】

この光学フィルタには、透過帯域と阻止帯域の境界で分光特性の急峻な立ち上がりを持ち、かつ、透過帯域ではほぼ100%の光を透過する性能が要求されている。さらに、透過帯域においては波長の増減に対する透過率の周期的な変動（リップル）が無いことが望ましい。

このように、所定の波長帯域の光を遮断し、その他の波長の光を透過する光学フィルタであるマイナスフィルタは、図10（a）に示すように、基板上に高屈折率層と低屈折率層を交互に積層した多層膜で作製される。ここで、横軸は光学膜厚で、縦軸は膜の屈折率を表す。また、この膜構成のときの膜を透過する光の波長と透過率との関係を分光特性として図10（b）に示す。

【0004】

この光学フィルタは、上述の層数を増やすほど透過帯域と阻止帯域の境界の立ち上がりを急峻にすることができる。しかし、層数を増やすほど透過帯域におけるリップルも増大してしまうという問題があった。また、図11（a）に示すように、各層の光学膜厚を変化させてリップルを少なくする膜設計も可能であるが、図11（b）に示すようにリップルを完全になくすことは困難である。さらにこの場合、多層膜の各層の膜厚が全て異なる設計となるため、実際の成膜時の膜厚制御性が非常に悪く、安定した光学特性を得ることがきわめて困難であるという課題も有していた。

【0005】

これに対し、図12（a）に示すように、膜の屈折率を膜厚方向に周期的かつ連続的に変化させ、その屈折率分布をWavelet（波束）と呼ばれる形状にすると、図12（b）に示すように、透過帯域におけるリップルを原理的になくすることができる（例えば、非特許文献1参照。）。

ただし、実際の成膜時に膜の屈折率を連続的に変化させるのは非常に困難である。そこで、例えば図13に示すように、連続的な屈折率分布を階段状に分割して近似したものや、周期の中間部分における高屈折率層と低屈折率層のそれぞれの屈折率が一定となる繰り返し層を設けた構成等が各種提案されている（例えば、特許文献1、非特許文献2、及び非特許文献3参照。）。

【特許文献1】特許第3290629号公報（第1図）

【非特許文献1】W.H.Southwell, Using Apodization Function to Reduce Sidelobe s in Rugate Filters, Appl. Opt., 1989, Vol.28

【非特許文献2】P.G.Very, J.A.Dobrowolski, W.J.Wild, and R.L.Burton, Synthes is of high rejection filters with the Fourier transform method, APPLIED OPTI CS, 15 July(1989), Vol.28, No.14, p2867-2874

【非特許文献3】HAND BOOK OF OPTICS, Second Edition, Vol.1, Fundamentals, Te

chniques, and Design, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, McGRAW-Hill, 1995, p42.50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、屈折率分布を階段状に分割した、上記従来の光学フィルタにおいては、阻止帯域近傍の透過帯域において、依然として透過帯域でのリップルが少なからず残存する問題があった。

本発明は上記事情に鑑みて成されたものであり、阻止帯域と透過帯域との境界における分光特性の立ち上がりが急峻で透過帯域でのリップルを抑制し、成膜時の膜厚制御が容易な膜構成で光学特性が安定した光学フィルタ、及びその光学フィルタを用いることにより、蛍光などでの検出感度を向上した光学機器を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、上記課題を解決するため以下の手段を採用する。

本発明に係る光学フィルタは、基板と、該基板上に形成された薄膜とから構成される光学フィルタであって、前記薄膜が、屈折率が相対的に低い低屈折率層と屈折率が相対的に高い高屈折率層とが前記基板側から交互に積層されて構成され、前記高屈折率層の屈折率が前記基板側から漸次高く変化する第1の積層部と、該第1の積層部に隣接し、前記高屈折率層の屈折率が第1の積層部を構成する高屈折率層のうち最も高い屈折率と略同一である第2の積層部と、該第2の積層部に隣接し、前記高屈折率層の屈折率が第2の積層部側から漸次低く変化する第3の積層部とを備え、前記第1から第3の積層部のうち少なくとも一つに、前記高屈折率層の屈折率が、前記低屈折率層を介して隣接する両側の他の高屈折率層よりも低く設定された高屈折率変動層部が挿入されていることを特徴とする。

また、本発明は、前記光学フィルタであって、前記高屈折率変動層部が、前記第2の積層部と前記第1の積層部又は前記第3の積層部との境界又はその近傍に挿入されていることが好ましい。

【0008】

この光学フィルタは、光を透過させる際、所定の波長近傍の阻止帯域に相当する光を阻止するとともに、それ以外の波長に相当する透過帯域の光を透過させるフィルタ特性において、透過帯域と阻止帯域との境界を急峻にして透過光量を増加させることができるとともに透過帯域でのリップルを抑制することができる。

【0009】

さらに、本発明の光学フィルタは、前記光学フィルタであって、前記低屈折率層の屈折率が、前記基板の屈折率と略同一であることが好ましい。

この光学フィルタは、上記の構成を備えているので、阻止帯域では光を十分阻止できるとともに、透過帯域において透過光量をより増加させることができる。

【0010】

また、本発明は、前記光学フィルタであって、透過を阻止する波長帯域の中心波長 (λ) に対して設計波長を λ/n (n は整数) とするとき、前記高屈折率層、前記低屈折率層、及び前記高屈折率変動層部の光学膜厚が、前記設計波長の略 $n/4$ 倍に設定されていることが好ましい。

また、本発明は、前記光学フィルタであって、前記薄膜のうち前記基板に隣接する初期領域及びその反対側の最終領域を構成する少なくとも1層の光学膜厚が、前記設計波長の略 $n/2$ 倍に設定されていることが好ましい。

【0011】

この光学フィルタは、光学膜厚が設計波長の略 $n/4$ 倍なので、実際に成膜する際の膜厚制御性が向上して安定した光学特性を得ることができる。また、基板に隣接する初期領域及びその反対側の最終領域の少なくとも1層を、設計波長の略 $n/2$ 倍の光学膜厚で構成されているものとするにより、透過帯域でのリップルをより抑制して分光特性を高めることができる。

【0012】

本発明に係る光学フィルタは、基板と、該基板上に形成された薄膜とから構成される光学フィルタであって、前記薄膜が、屈折率が相対的に低い低屈折率層と屈折率が相対的に高い高屈折率層とが前記基板側から交互に積層されて構成され、前記低屈折率層の屈折率が前記基板側から漸次低く変化する第1の積層部と、該第1の積層部に隣接し、前記低屈折率層の屈折率が第1の積層部を構成する低屈折率層のうち最も低い屈折率と略同一である第2の積層部と、該第2の積層部に隣接し、前記低屈折率層の屈折率が第2の積層部側から漸次高く変化する第3の積層部とを備え、前記第1から第3の積層部のうち少なくとも一つに、前記低屈折率層の屈折率が、前記高屈折率層を介して隣接する両側の他の低屈折率層よりも高く設定された低屈折率変動層部が挿入されていることを特徴とする。

この光学フィルタでは、光を透過させる際、透過帯域と阻止帯域との境界を急峻にして透過光量を増加させ、透過帯域でのリップルを抑制することができる。

【0013】

また、本発明の光学フィルタは、前記光学フィルタであって、前記高屈折率層の屈折率が、前記基板の屈折率と略同一であることが好ましい。

この光学フィルタは、上記の構成を備えているので、阻止帯域では光を十分阻止できるとともに、透過帯域において透過光量をより増加させることができる。

【0014】

本発明に係る光学フィルタは、基板と、該基板上に形成された薄膜とから構成される光学フィルタであって、前記薄膜が、屈折率が相対的に低い低屈折率層と屈折率が相対的に高い高屈折率層とが前記基板側から交互に積層されて構成され、前記高屈折率層の屈折率が前記基板側から漸次高く変化するとともに、前記低屈折率層の屈折率が前記基板側から漸次低く変化する第1の積層部と、該第1の積層部に隣接し、前記高屈折率層の屈折率が第1の積層部を構成する高屈折率層のうち最も高い屈折率と略同一であるとともに、前記低屈折率層の屈折率が第1の積層部を構成する低屈折率層のうち最も低い屈折率と略同一である第2の積層部と、該第2の積層部に隣接し、前記高屈折率層の屈折率が第2の積層部側から漸次低く変化するとともに、前記低屈折率層の屈折率が第2の積層部側から漸次高く変化する第3の積層部とを備え、前記高屈折率層の屈折率が前記低屈折率層を介して隣接する両側の他の高屈折率層よりも低く設定された高屈折率変動層部と、前記低屈折率層の屈折率が前記高屈折率層を介して隣接する両側の他の低屈折率層よりも高く設定された低屈折率変動層部とのうち少なくとも一方が、前記第1から第3の積層部のうち少なくとも一つに挿入されていることを特徴とする。

また、本発明は、前記光学フィルタであって、前記高屈折率変動層部及び前記低屈折率変動層部のうち少なくとも一方が、前記第2の積層部と前記第1の積層部又は前記第3の積層部との境界又はその近傍に挿入されていることが好ましい。

この光学フィルタでは、光を透過させる透過帯域と阻止帯域との境界をより急峻にすることができるとともに、透過帯域でのリップルをより抑制して分光特性を向上することができる。

【0015】

本発明は、前記光学フィルタであって、透過を阻止する波長帯域の中心波長 (λ) に対して設計波長を λ/n (n は整数) とするとき、前記高屈折率層、前記低屈折率層、前記高屈折率変動層部、及び前記低屈折率変動層部の光学膜厚が、前記設計波長の略 $n/4$ 倍に設定されていることが好ましい。

また、本発明は、前記光学フィルタであって、前記薄膜のうち前記基板に隣接する初期領域及びその反対側の最終領域を構成する少なくとも1層の光学膜厚が、前記設計波長の略 $n/2$ 倍に設定されていることが好ましい。

【0016】

この光学フィルタは、光学膜厚が設計波長の略 $n/4$ 倍なので、実際に成膜する際の膜厚制御性が向上して安定した光学特性を得ることができる。また、基板に隣接する初期領域及びその反対側の最終領域の少なくとも1層を、設計波長の略 $n/2$ 倍の光学膜厚で構

成されているものとするにより、透過帯域でのリップルをより抑制して分光特性を高めることができる。

【0017】

本発明に係る光学機器は、本発明に係る光学フィルタを備えていることを特徴とする。この光学機器では、透過させる波長と透過を阻止する波長とが近い場合でも、透過帯域と阻止帯域との間に急峻な境界を有する光学フィルタにより、透過帯域の波長の光量を削減することなく効率良く透過させて、分光特性に優れたフィルタ性能を有することができる。

【発明の効果】

【0018】

以上説明した本発明においては以下の効果を奏する。

本発明の光学フィルタによれば、第1の積層部から第3の積層部と、第1の積層部から第3の積層部のうち少なくとも一つに屈折率変動層部とが設けられているので、阻止帯域と透過帯域との境界における分光特性の立ち上がりを急峻にすることができる。そして、透過帯域でのリップルをほぼ完全に抑えることができ、成膜時の膜厚制御が容易な膜構成で、透過帯域と阻止帯域との境界がより明確となった高性能なフィルタ特性を得ることができる。

また、本発明の光学機器によれば、本発明に係る光学フィルタを備えているので、観察時に不要な光をカットして所望の波長の光を効率よく選択することができ、従来よりも蛍光等の光の検出感度をより向上することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

次に、本発明の第1の実施形態について、図1から図3を参照して説明する。

本実施形態に係る図1に示す蛍光顕微鏡（光学機器）10は、励起フィルタ11と、ダイクロイックミラー12と、吸収フィルタ（光学フィルタ）13と、接眼レンズ14と、対物レンズ15とを備える。

【0020】

励起フィルタ11は、光源16から発生した光のうち特定波長のみを選択的に励起光として透過させるように光源16の光路上に配設されている。

ダイクロイックミラー12は、半透過鏡であって、励起フィルタ11を透過した光の光路を載置された、例えば、生体細胞等の標本17上に照射するように光路を変更するとともに、この照射によって標本17から発生した蛍光を観察側に透過するように設定されている。

接眼レンズ14及び対物レンズ15は、上記蛍光を観察できるように調整するものとして配設されている。

【0021】

吸収フィルタ13は、ガラス製の基板18と、この基板18上に形成された薄膜19と、薄膜19上に設けられた入射側媒質18Aとから構成され、上記蛍光のみを選択的に透過させる。この入射側媒質18Aは、基板18と同じ屈折率を有する部材、例えば、ガラス板から構成されている。

薄膜19は、図2(a)に示すように、屈折率が相対的に低い低屈折率層20と屈折率が相対的に高い高屈折率層21とが基板18側から交互に積層されて構成され、高屈折率層21の屈折率が基板18側から漸次高く変化する第1の積層部22と、第1の積層部22に隣接し、高屈折率層21の屈折率が第1の積層部22を構成する高屈折率層21のうち最も高い屈折率と略同一である第2の積層部23と、第2の積層部23に隣接し、高屈折率層21の屈折率が第2の積層部23側から漸次低く変化する第3の積層部24とを備えている。

なお、略同一とは、同一若しくは屈折率のバラツキが0.2以内の範囲であることをいう。

低屈折率層20は主に酸化シリコンで構成され、高屈折率層21は主に酸化ニオブで構

成されている。

本実施形態では、基板 18 及び入射側媒質 18A の屈折率を 1.52 とし、高屈折率層 21 の屈折率を 1.98 から 2.3 まで変化させ、低屈折率層 20 の屈折率を 1.72 の一定値としている。

【0022】

また、この薄膜 19 には、高屈折率層 21 の屈折率が低屈折率層 20 を介して隣接する両側の他の高屈折率層 21 よりも低く設定された高屈折率変動層部 25 が、第 1 の積層部 22 及び第 3 の積層部 24 内であって第 2 の積層部 23 との境界に 1 層ずつ挿入されている。

本実施形態では、第 2 の積層部 23 における高屈折率層 21 の屈折率は、第 1 の積層部 22 における高屈折率層 21 の屈折率のうち最も高いものと同一の 2.3 とし、高屈折率変動層部 25 の屈折率を 2.2 に設定している。

この薄膜 19 は、透過を阻止する波長帯域の中心波長 (λ) に対して設計波長を λ/n (n は整数) とするとき、例えば、 $n=1$ とし、高屈折率層 21 及び低屈折率層 20 の光学膜厚が設計波長の $1/4$ 倍に設定され、基板 18 に隣接する初期領域 26 及びその反対側の入射側媒質 18A に隣接する最終領域 27 を構成する各 1 層の光学膜厚は設計波長の $1/2$ 倍に設定されている。

本実施形態では λ を 600 nm と設定しているので、各光学膜厚は、それぞれ 150 nm、300 nm となる。

なお、積層総数を 45 層とし、薄膜 19 の初期領域 26 から最終領域 27 まで各層の屈折率分散はないものとしてシミュレーションした結果を図 2 (b) に示す。

【0023】

次に、本実施形態に係る蛍光顕微鏡 10 による観察方法について説明する。

光源 16 から出射された光を励起フィルタ 11 を通過させて特定波長の励起光としてダイクロイックミラー 12 に投射させる。

上記励起光は、ダイクロイックミラー 12 によって光路を曲げられ、対物レンズ 15 で集光されて標本 17 に照射される。このとき、この照射によって標本 17 から蛍光が発生する。この蛍光は、対物レンズ 15 を介して平行光となってダイクロイックミラー 12 に到達し、これを透過して吸収フィルタ 13 に至る。

【0024】

吸収フィルタ 13 に至った蛍光は、入射側媒質 18A 側から入射して、第 3 の積層部 24、第 2 の積層部 23 及び第 1 の積層部 22 を透過して基板 18 側から再び外部へ射出される。

吸収フィルタ 13 には、蛍光以外の波長を有する励起光等も混入されて入射する。しかし、薄膜 19 が上述した第 1 の積層部 22 から第 3 の積層部 24 を有する構成とされているので、吸収フィルタ 13 は、励起光等が属する波長帯域である阻止帯域 28 における光を外部へ射出させるのを阻止しながら、蛍光が属する波長帯域である透過帯域 29 における光を透過させる。

このとき、高屈折率変動層部 25 が挿入されており、高屈折率層 21 及び低屈折率層 20 の光学膜厚が設計波長の $1/4$ 倍に設定されているので、この透過する光は、成膜時の膜厚制御性のよさから安定した光学特性を有している。

さらに、初期領域 26 及びその反対側の最終領域 27 を構成する各 1 層の光学膜厚が設計波長の $1/2$ 倍に設定しているので、蛍光を検出したい波長に対して透過率のリップルが抑制されている。

こうして、吸収フィルタ 13 から射出した蛍光は、接眼レンズ 14 を透過して集光されて観察側に至る。

【0025】

この吸収フィルタ 13 によれば、例えば図 2 (b) に示すように、阻止帯域 28 と透過帯域 29 との境界における分光特性の立ち上がりが急峻であるとともに、透過帯域 29 でのリップル 29a をほぼ完全に抑えることができる。また、成膜時の制御が容易な膜構成

なので、光学特性の安定性を向上することができる。さらに、この蛍光顕微鏡 10 によれば、吸収フィルタ 13 が図 3 に示すように理想的なフィルタに近い光学特性を有しているので、従来のフィルタであれば透過光量が低下していた波長領域の光量（光量増加部分）をも削減することなく透過させることができる。この結果、蛍光測定における検出感度を格段に向上するとともにゲノム解析等における解析精度、検出精度及び観察時間を短縮することができる。

【0026】

次に、本発明に係る第 2 の実施形態について、図 4（a）を参照して説明する。なお、以下の説明において、上記実施形態において説明した構成要素には同一符号を付し、その説明は省略する。

第 2 の実施形態が第 1 の実施形態と異なる点は、第 2 の実施形態に係る薄膜 30 が、第 1 の積層部 22 及び第 3 の積層部 24 を構成する低屈折率層 20 の屈折率も変化して構成されており、高屈折率変動層部 25 ではなく、低屈折率変動層部 31 が挿入されているとした点である。

【0027】

すなわち、薄膜 30 は、第 1 の積層部 22 を構成する低屈折率層 20 の屈折率が基板 18 側から漸次低く変化して形成され、第 2 の積層部 23 を構成する低屈折率層 20 の屈折率が第 1 の積層部 22 を構成する低屈折率層 20 のうち最も低い屈折率と略同一に形成され、第 3 の積層部 24 を構成する低屈折率層 20 の屈折率が、第 2 の積層部 23 側から漸次高く変化して形成されている。

また、第 2 の積層部 23 と第 1 の積層部 22 及び第 3 の積層部 24 との境界に、低屈折率層 20 の屈折率が高屈折率層 21 を介して隣接する両側の低屈折率層 20 よりも高く設定された低屈折率変動層部 31 が 1 層ずつ挿入されている。

【0028】

なお、本実施形態では、図 4（a）に示すように、第 1 の積層部 22 における低屈折率層 20 の屈折率を 1.5 から 1.72 まで変化させ、第 2 の積層部 23 における低屈折率層 20 の屈折率を第 1 の積層部 22 における低屈折率層 20 のうち最も低い屈折率と同一の 1.5 とし、低屈折率変動層部 31 の屈折率を 1.53 に設定している。

また、上記の構成に加え、積層総数を 45 層とし、初期領域 26 から最終領域 27 まで各層の屈折率分散はないものとしてシミュレーションした結果を図 4（b）に示す。

【0029】

この本実施形態に係る吸収フィルタ及び蛍光顕微鏡によれば、例えば図 4（b）に示すように、第 1 の実施形態と同様に蛍光の透過帯域におけるリップル 29a を小さくして、十分な光量を安定的に得ることができる。

【0030】

次に、本発明に係る第 3 の実施形態について、図 5（a）を参照して説明する。なお、以下の説明において、上記実施形態において説明した構成要素には同一符号を付し、その説明は省略する。

第 3 の実施形態が第 2 の実施形態と異なる点は、第 3 の実施形態に係る薄膜 32 に、高屈折率変動層部 25 が挿入されているとした点である。

【0031】

すなわち、薄膜 32 は、高屈折率層 21 の屈折率が低屈折率層 20 を介して隣接する両側の他の高屈折率層 21 よりも低く設定された高屈折率変動層部 25 が、第 1 の積層部 22 内であって第 2 の積層部 23 との境界、及び、第 3 の積層部 24 内であって第 2 の積層部 23 との境界に 1 層ずつ挿入されている。

また、第 2 の積層部 23 内であって第 1 の積層部 22 及び第 3 の積層部 24 との境界にも、低屈折率層 20 の屈折率が高屈折率層 21 を介して隣接する両側の低屈折率層 20 よりも高く設定された低屈折率変動層部 31 が 1 層ずつ挿入されている。

【0032】

また、本実施形態では、図 5（a）に示すように、低屈折率層 20 及び高屈折率層 21

の屈折率を上記各実施形態における場合と同様に变化させるとともに、高屈折率変動層 25 及び低屈折率変動層 31 の屈折率も上記各実施形態における場合と同様の値に設定している。

上記の構成に加え、積層総数を 45 層とし、初期領域 26 から最終領域 27 まで各層の屈折率分散はないものとしてシミュレーションした結果を図 5 (b) に示す。

【0033】

この本実施形態に係る吸収フィルタ及び蛍光顕微鏡によれば、例えば図 5 (b) に示すように、上記他の実施形態に比べ、さらに良好に透過帯域における蛍光のリップルを抑制して、十分な光量を安定的に得ることができる。

【0034】

なお、本実施形態では、 $n=1$ として設計波長を中心波長と同じ 600 nm とし、高屈折率層 21 及び低屈折率層 20 の光学膜厚を設計波長の $1/4$ 倍に、かつ、初期領域 26 及びその反対側の最終領域 27 を構成する各 1 層の光学膜厚をその 2 倍である $1/2$ 倍に設定しているが、 $n=2$ として設計波長を 300 nm とし、高屈折率層 21 及び低屈折率層 20 の光学膜厚を設計波長の $1/2$ 倍に、かつ、初期領域 26 及びその反対側の最終領域 27 を構成する各 1 層の光学膜厚をその 2 倍である $1/1$ 倍に設定して薄膜 32 を形成しても、図 5 (b) と全く同様な分光特性を有する吸収フィルタを得ることができる。

さらに、中心波長 600 nm に対して、設計波長を $600/n$ (n は整数) nm とし、高屈折率層 21 及び低屈折率層 20 の光学膜厚を設計波長の $n/4$ 倍に、かつ、初期領域 26 及びその反対側の最終領域 27 を構成する各 1 層の光学膜厚をその 2 倍である $n/2$ 倍に設定して薄膜を形成しても、同様な分光特性を有する吸収フィルタを得ることができる。

【0035】

なお、本発明の技術範囲は上記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

例えば、第 1 実施形態の他の例として図 6 (a) に示すように、図 2 (a) に示す薄膜構成に対して、低屈折率変動層部 31 は挿入されていないが、低屈折率層 20 の屈折率も漸次変化させた薄膜 33 としても構わない。さらに、図 7 (a) に示すように、高屈折率変動層部 25 が第 2 の積層部 23 内であって第 1 の積層部 22 及び第 3 の積層部 24 との境界近傍に 1 層ずつ挿入されている薄膜 34 としてもよい。いずれの場合においても、各薄膜を用いたシミュレーション結果として図 6 (b) 及び図 7 (b) に示すように、第 1 の実施形態と同様の作用・効果を得ることができる。

【0036】

また、第 3 実施形態の他の例として図 8 (a) に示すように、高屈折率変動層部 25 が第 1 の積層部 22 及び第 3 の積層部 24 内に 1 層ずつ挿入されている薄膜 35 としてもよい。同様にシミュレーションした結果として図 8 (b) に示すように、この薄膜 35 によっても第 1 の実施形態よりもリップルを抑制することができる。

【0037】

また、図 9 (a) に示すように、高屈折率層 21 及び低屈折率層 20 の全ての光学膜厚が、設計波長の $1/4$ 倍に設定されている薄膜 36 としてもよい。同様にシミュレーションした結果として図 9 (b) に示すように、この薄膜 36 によってもリップル 29a を小さくすることができる。

この場合、中心波長 600 nm に対して、設計波長を $600/n$ (n は整数) nm とし、高屈折率層 21 及び低屈折率層 20 の光学膜厚を設計波長の $n/4$ 倍に設定して薄膜を形成しても、図 9 (b) と全く同様な分光特性を有する吸収フィルタを得ることができる。

【0038】

さらに、他の実施形態として図 14 (a) に示すように、薄膜 37 を形成する基板 18 の屈折率を 1.8 としたとき、低屈折率層 20 の屈折率が基板 18 の屈折率と同じ 1.8 の一定値とされ、第 1 の積層部 22 における高屈折率層 21 の屈折率が 1.82 から 2.0

2 まで変化率も漸次大きくなりながら漸次高く変化され、第3の積層部24における高屈折率層21の屈折率が2.2から1.82まで変化率が漸次小さくなりながら漸次低く変化されたものとしても構わない。この際、屈折率が2.12とされる高屈折率変動層部25は、第1の積層部22内であって第2の積層部23との境界と、第3の積層部24内であって第2の積層部23との境界とに1層ずつ挿入されている。

なお、この薄膜37の光学膜厚は、設計波長の $1/4$ 倍として $\lambda = 600\text{ nm}$ に対して 150 nm とし、積層総数を70層とした。

【0039】

初期領域26から最終領域27まで各層の屈折率分散はないものとしてシミュレーションした結果を図14(b)に示す。

図14(b)に示すように、この薄膜37も、上記第1の実施形態と同様の作用・効果を得ることができ、リップルを抑制することができる。また、阻止帯域での光の透過を十分阻止するとともに、透過帯域においてより良好に光を透過させることができる。

【0040】

また、他の例として図15(a)に示すように、薄膜38が形成される基板18の屈折率を1.5としたとき、低屈折率層20の屈折率が基板18と同じ1.5の一定値とされ、第1の積層部22における高屈折率層21の屈折率が1.6から2.3まででその変化率が直線的に高く変化され、第3の積層部24における高屈折率層21の屈折率が2.3から1.6まででその変化率が直線的に低く変化されたものとしても構わない。この際、屈折率が2.18とされる高屈折率変動層部25が、第1の積層部22内であって第2の積層部23との境界と、第3の積層部24内であって第2の積層部23との境界とに1層ずつ挿入されているものとしてもよい。

【0041】

なお、この薄膜38の光学膜厚は、設計波長の $1/4$ 倍として $\lambda = 600\text{ nm}$ に対して 150 nm とし、積層総数を47層とした。

初期領域26から最終領域27まで各層の屈折率分散はないものとしてシミュレーションした結果を図15(b)に示す。

図15(b)に示すように、この薄膜38も、上記第1の実施形態と同様の作用・効果を得ることができ、リップルを抑制することができる。

このように、高屈折率層21の屈折率の変化率にかかわらず、何れの場合もリップルを抑制することができる。また、基板18と薄膜38との間の損失を減らし、透過帯域においてより良好に光を透過させることができる。

【0042】

さらに、他の実施形態として、図16(a)に示すように、薄膜39を形成する基板18の屈折率を1.8としたとき、高屈折率層21の屈折率が基板18の屈折率と同じ1.8の一定値とされ、第1の積層部22における低屈折率層20の屈折率が1.76から1.4まででその変化率が直線的に低く変化され、第3の積層部24における低屈折率層20の屈折率が1.4から1.76まででその変化率が直線的に高く変化されたものとしても構わない。

この際、屈折率が1.48とされる低屈折率変動層部31が、第1の積層部22内であって第2の積層部23との境界と、第3の積層部24内であって第2の積層部23との境界とに1層ずつ挿入されているものとしてもよい。

【0043】

なお、この薄膜39の光学膜厚は、設計波長の $1/4$ 倍として $\lambda = 600\text{ nm}$ に対して 150 nm とし、積層総数を57層とした。

初期領域26から最終領域27まで各層の屈折率分散はないものとしてシミュレーションした結果を図16(b)に示す。

図16(b)に示すように、この薄膜39も、上記他の実施形態と同様の作用・効果を得ることができ、リップルを抑制することができる。また、基板18と薄膜39との間の損失を減らし、透過帯域においてより良好に光を透過させることができる。

【0044】

また、中心波長 (λ) は 600 nm に限らず、励起光の波長や検出したい蛍光の波長に応じて λ の値を適宜変えることで、所望の光学特性を得ることができる。

また、基板の材質はガラスに限らずプラスチックでもよい。さらに、低屈折率変動層部 31 が複数層ずつ設けられていても構わず、高屈折率変動層部 25 及び低屈折率変動層部 31 は少なくとも 1 層挿入されていればよい。

ただし、上記高屈折率変動層部 25 の挿入位置は、第 2 の積層部 23 と第 1 の積層部 22 又は第 3 の積層部 24 との境界又はその近傍位置 (例えば、境界から 4 層以内) のほうが、よりよい効果を得ることができる。

さらに、第 1 の積層部 22 における低屈折率層 20、第 1 の積層部 22 における高屈折率層 21 の屈折率の変化率、第 3 の積層部 24 における低屈折率層 20、第 3 の積層部 24 における高屈折率層 21 の屈折率の変化率は、直線的なものであっても曲線的なものであっても構わず、同様の作用・効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図 1】本発明に係る第 1 実施形態の蛍光顕微鏡の概要を示す図である。

【図 2】本発明に係る第 1 実施形態における吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図 3】本発明に係る蛍光顕微鏡における波長と透過率の関係を示すグラフである。

【図 4】本発明に係る第 2 実施形態における吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図 5】本発明に係る第 3 実施形態における吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図 6】本発明に係る第 1 実施形態のその他の例における吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図 7】本発明に係る第 1 実施形態のその他の例における吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図 8】本発明に係る第 3 実施形態のその他の例における吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図 9】本発明に係る第 3 実施形態のその他の例における吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図 10】従来の吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図 11】従来の吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図 12】非特許文献 1 に記載されている従来の吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図 13】従来の吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図 14】本発明に係る他の実施形態における吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図 15】本発明に係る他の実施形態における吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図 16】本発明に係る他の実施形態における吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【符号の説明】

【0046】

10 蛍光顕微鏡 (光学機器)

13 吸収フィルタ (光学フィルタ)

18 基板

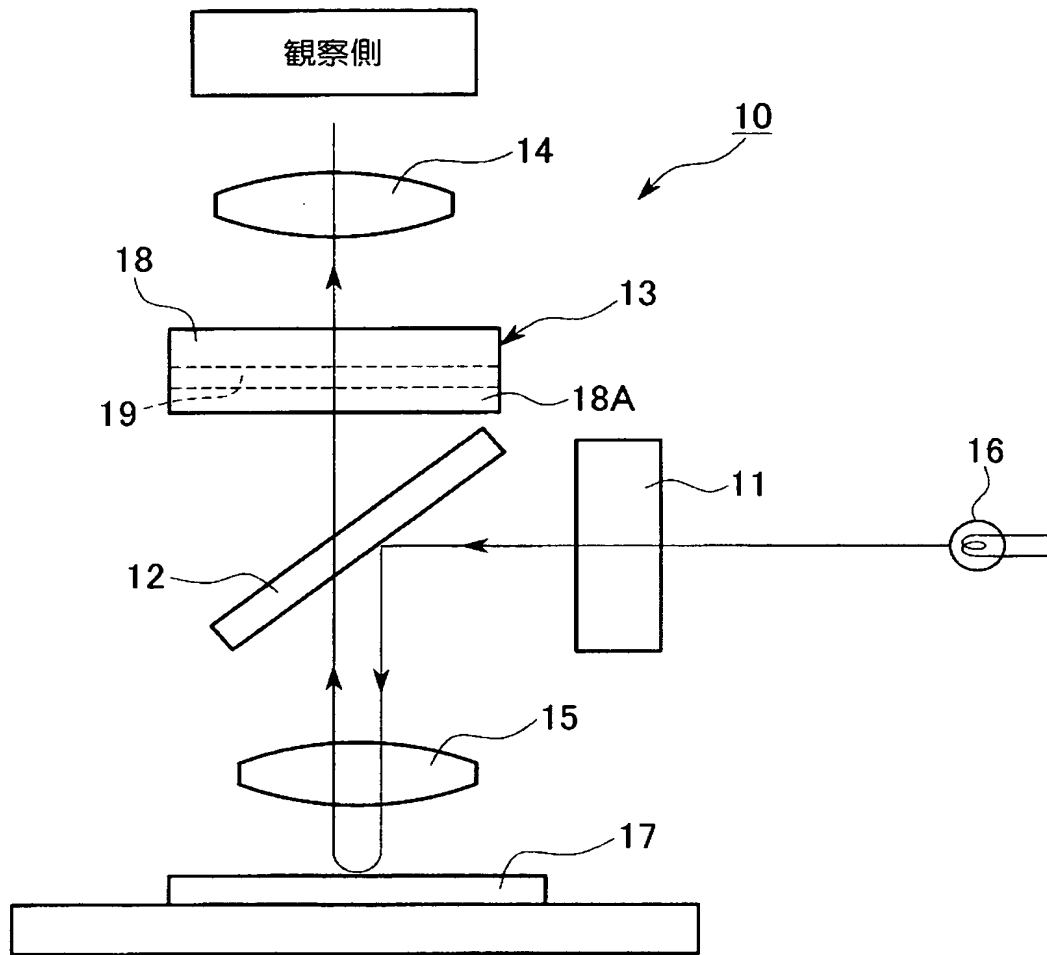
19、30、32、33、34、35、36、37、38、39 薄膜

20 低屈折率層

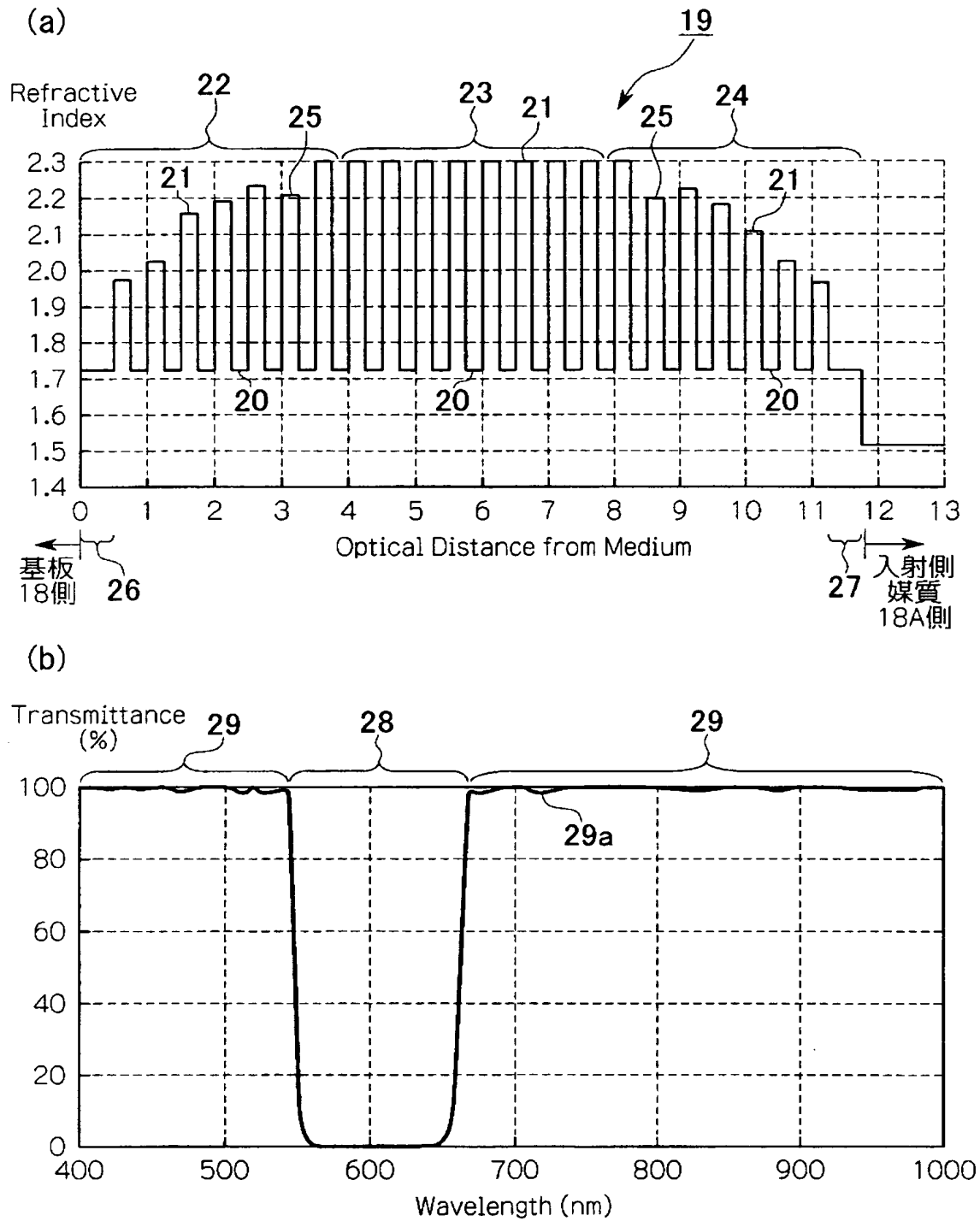
21 高屈折率層

- 2 2 第 1 の積層部
- 2 3 第 2 の積層部
- 2 4 第 3 の積層部
- 2 5 高屈折率変動層部
- 2 6 初期領域
- 2 7 最終領域
- 3 1 低屈折率変動層部

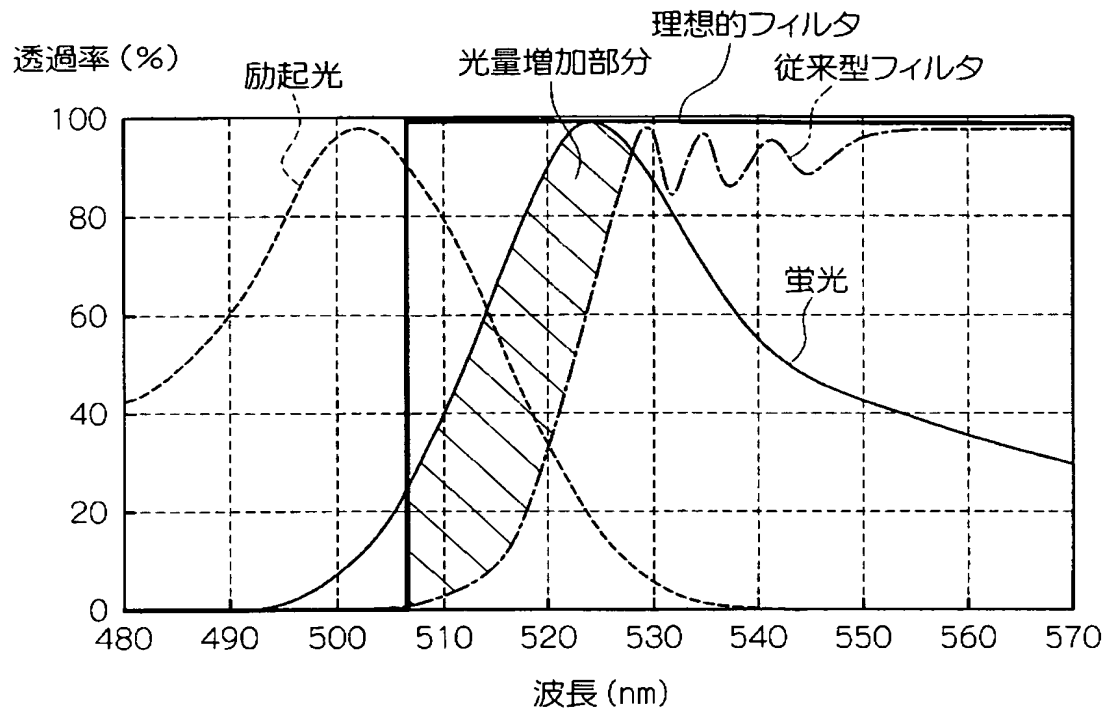
【書類名】 図面
【図 1】



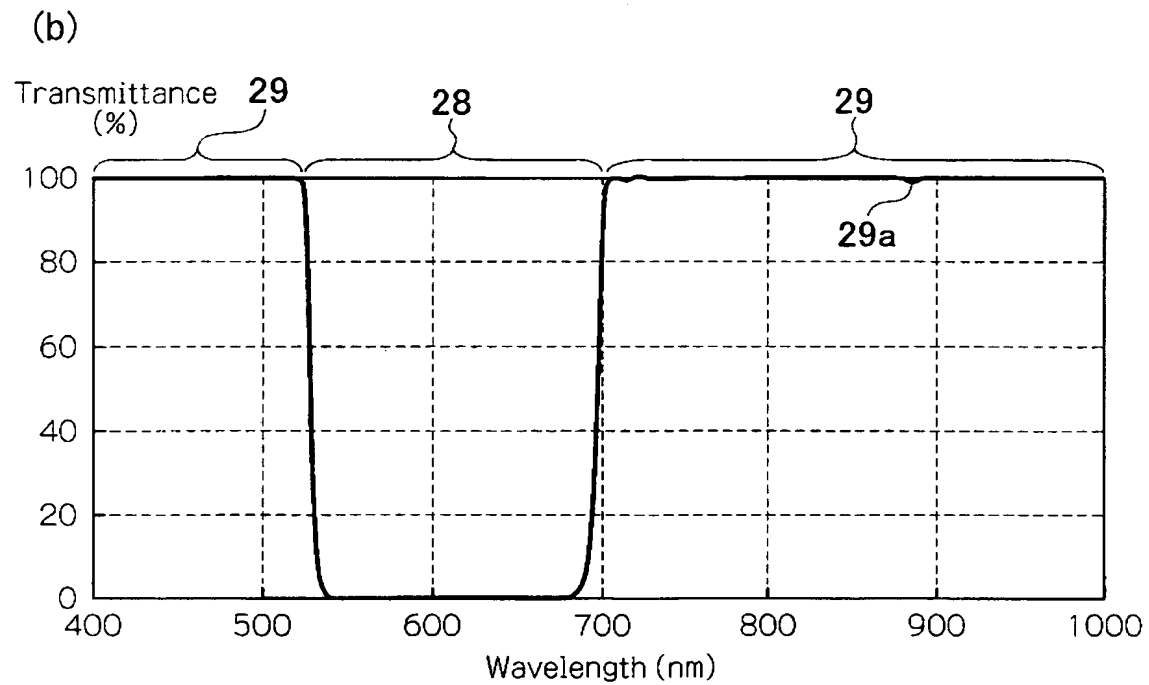
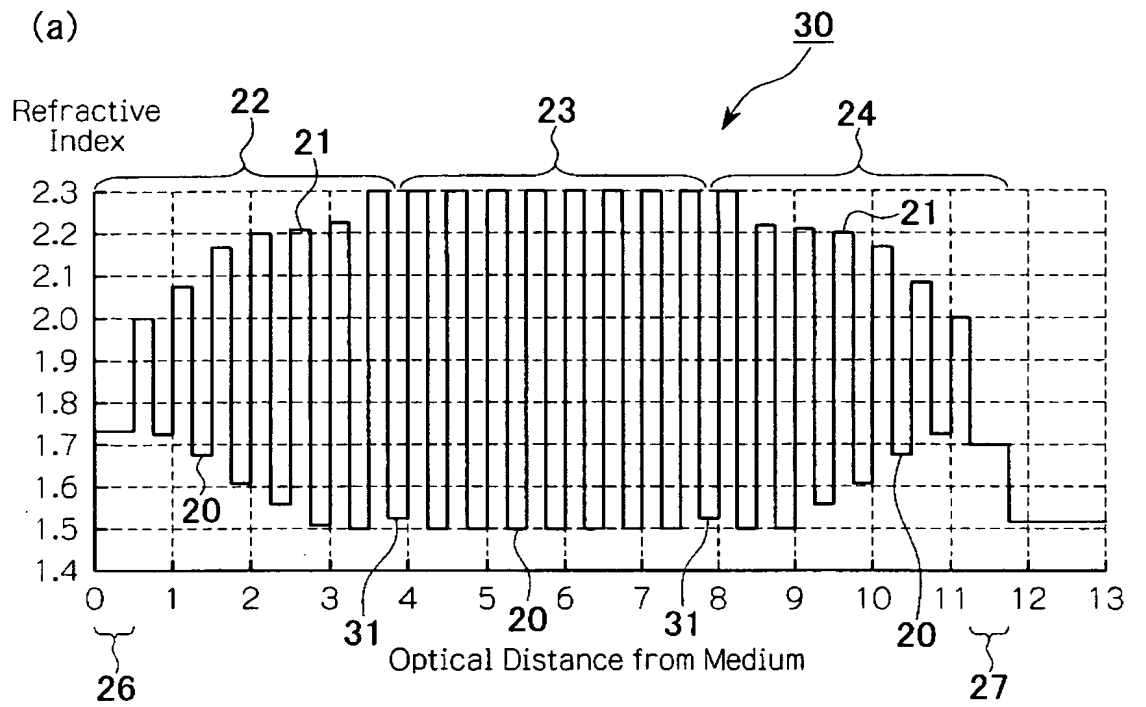
【図 2】



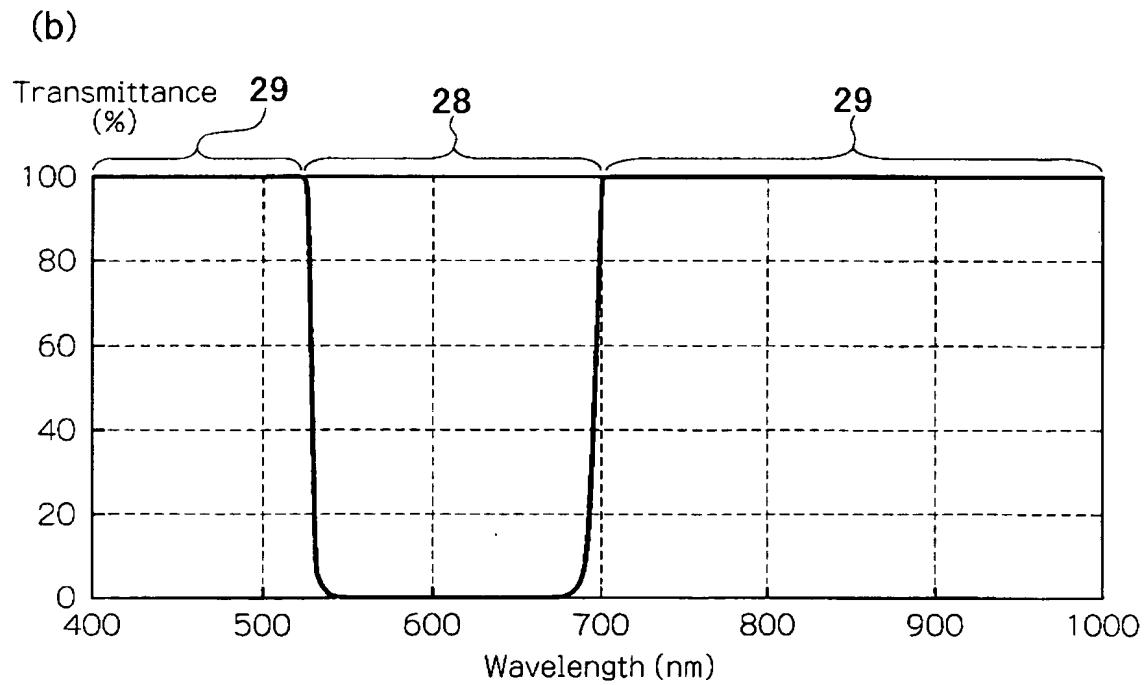
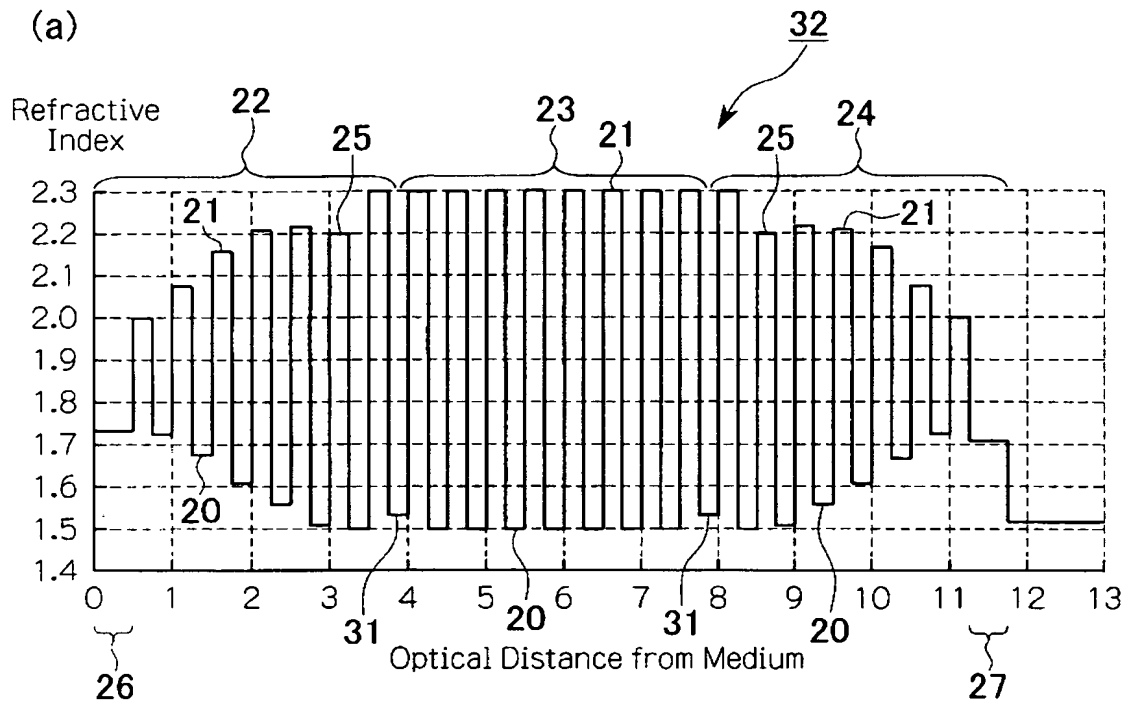
【図 3】



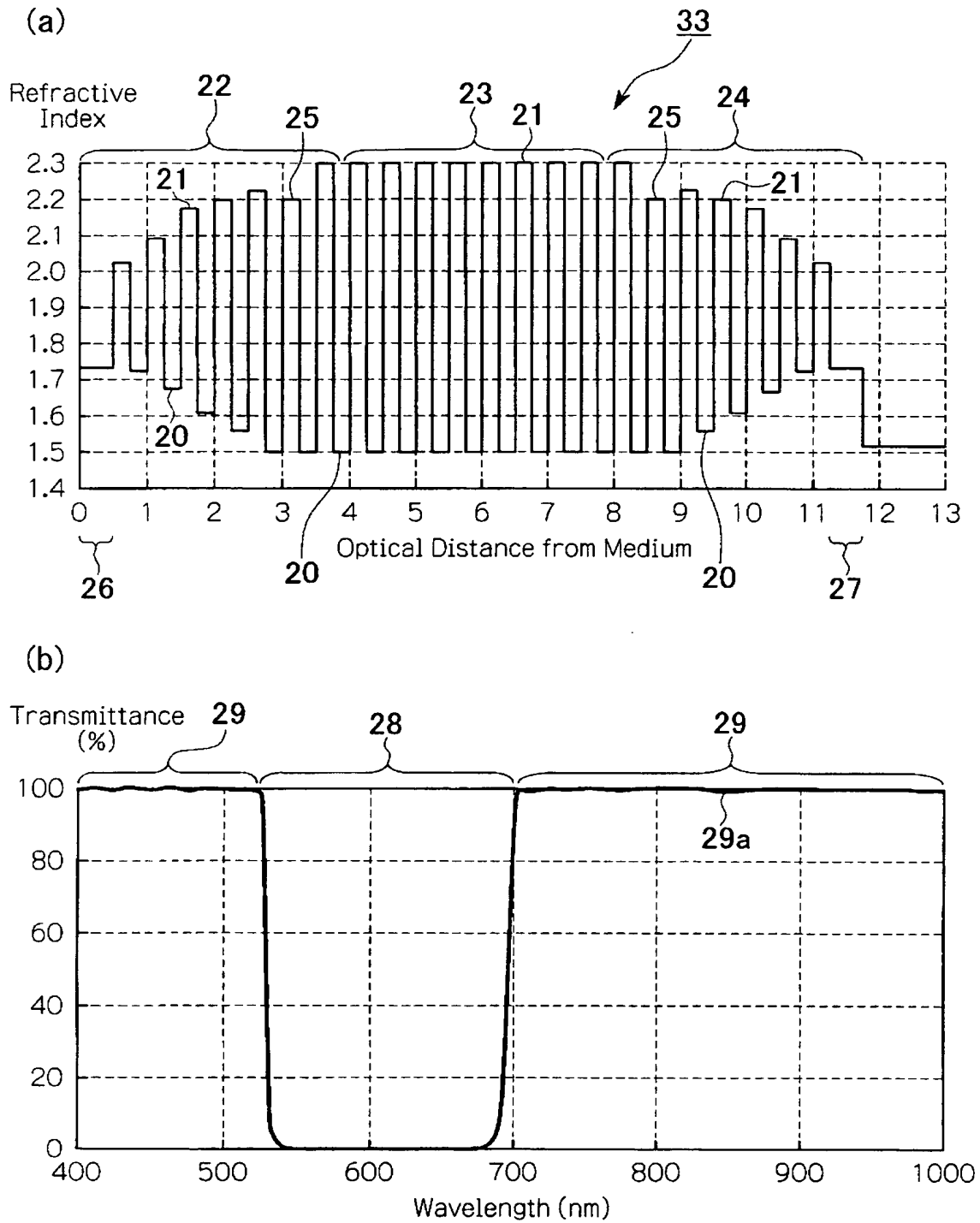
【図 4】



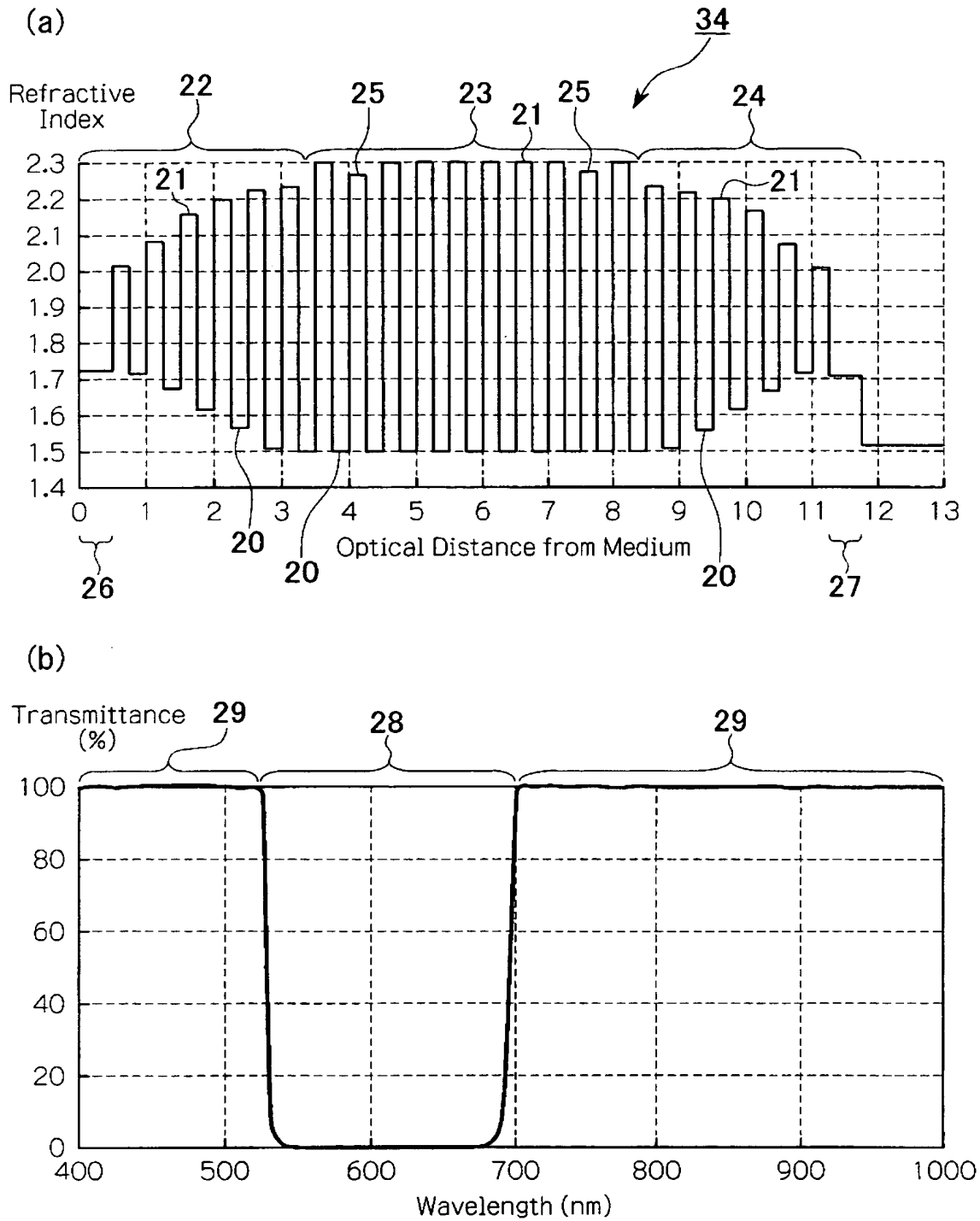
【図 5】



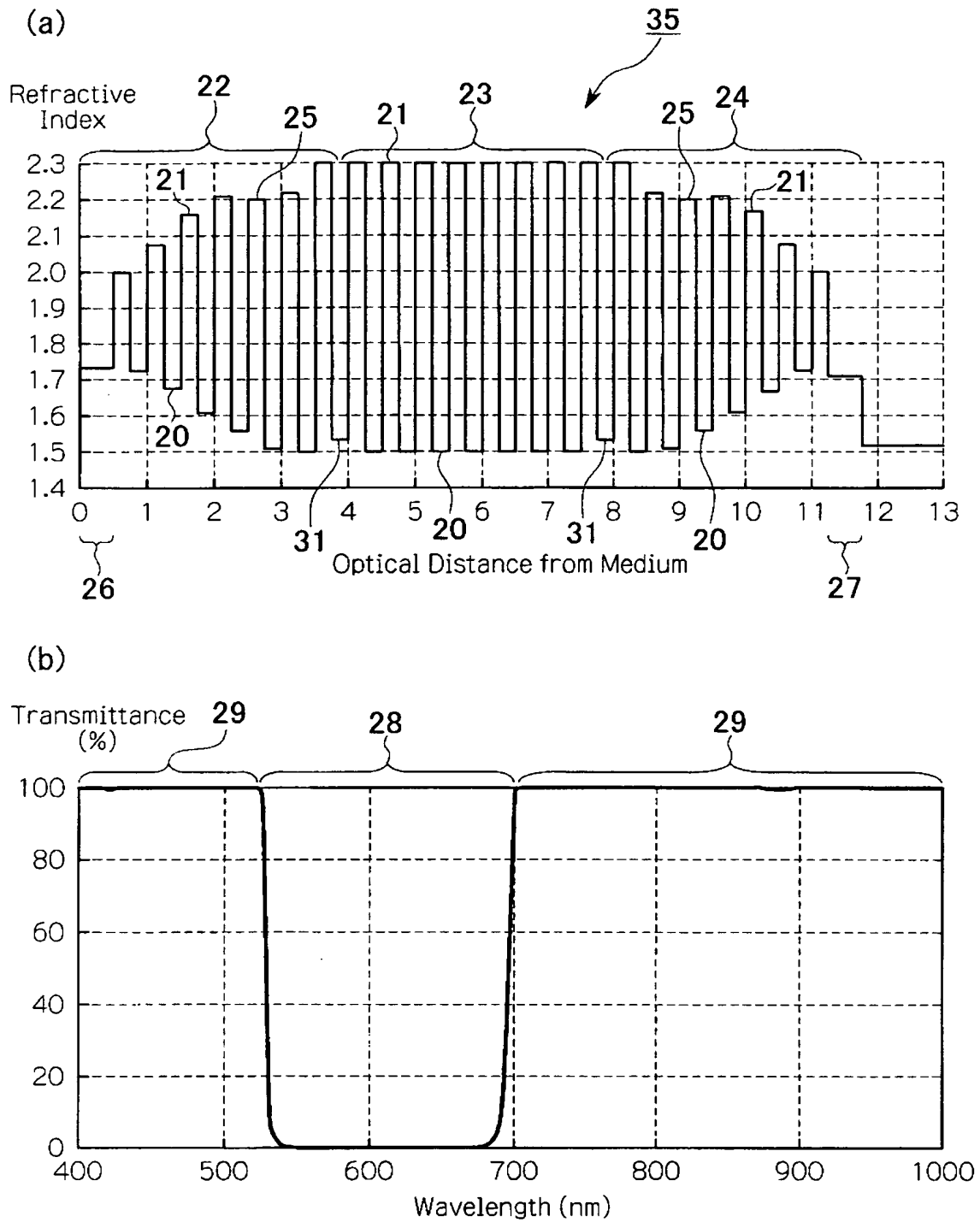
【図 6】



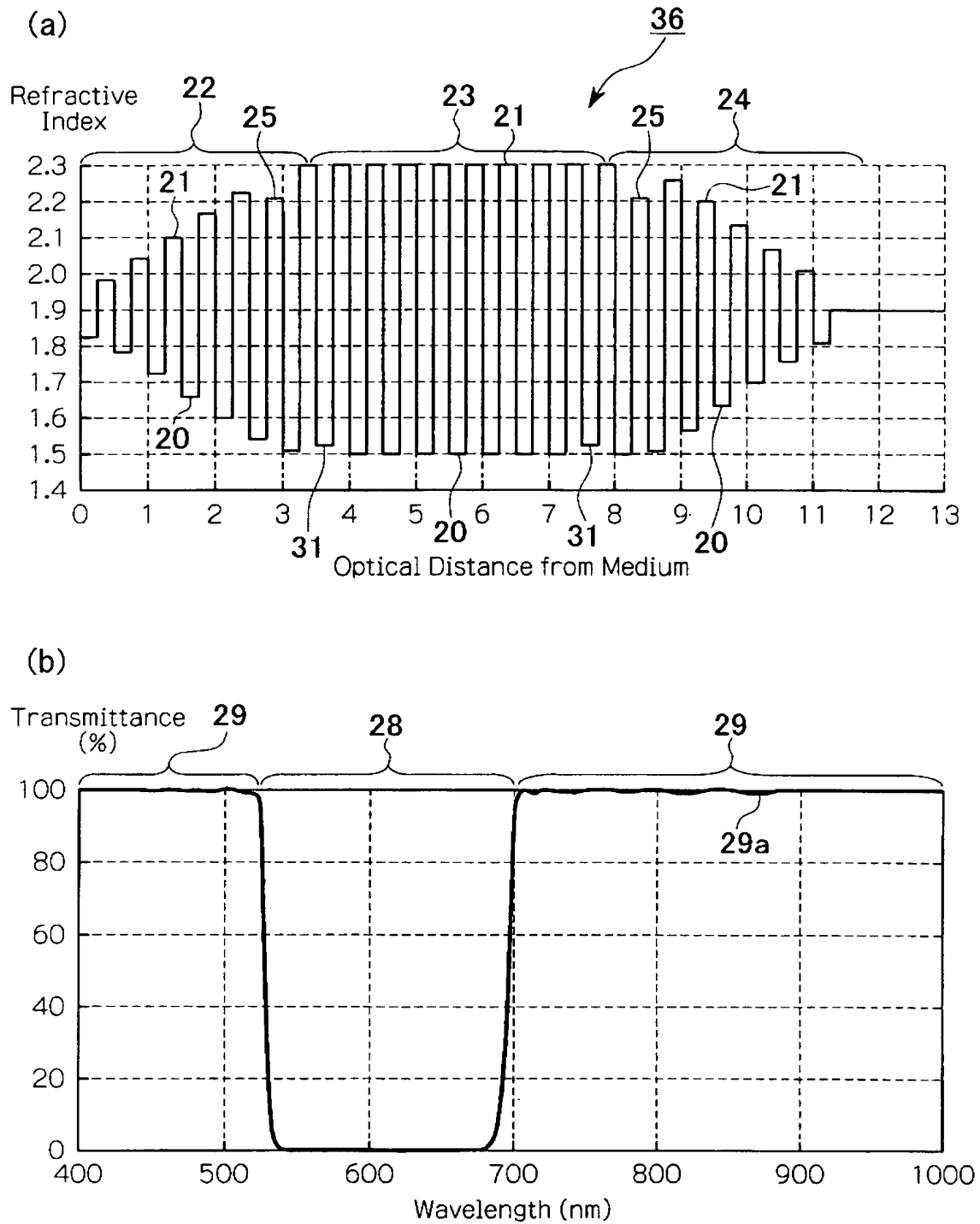
【図 7】



【図 8】

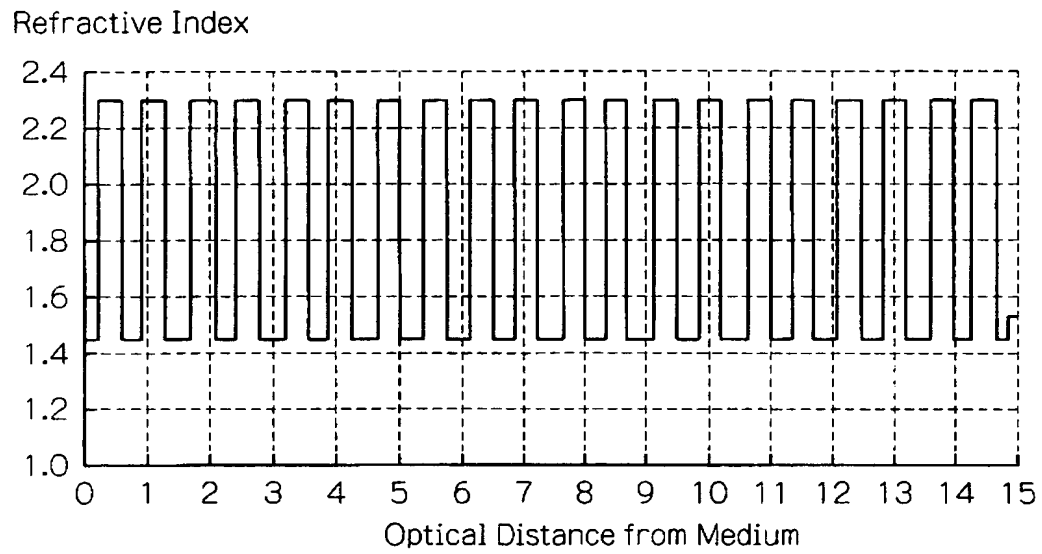


【図 9】

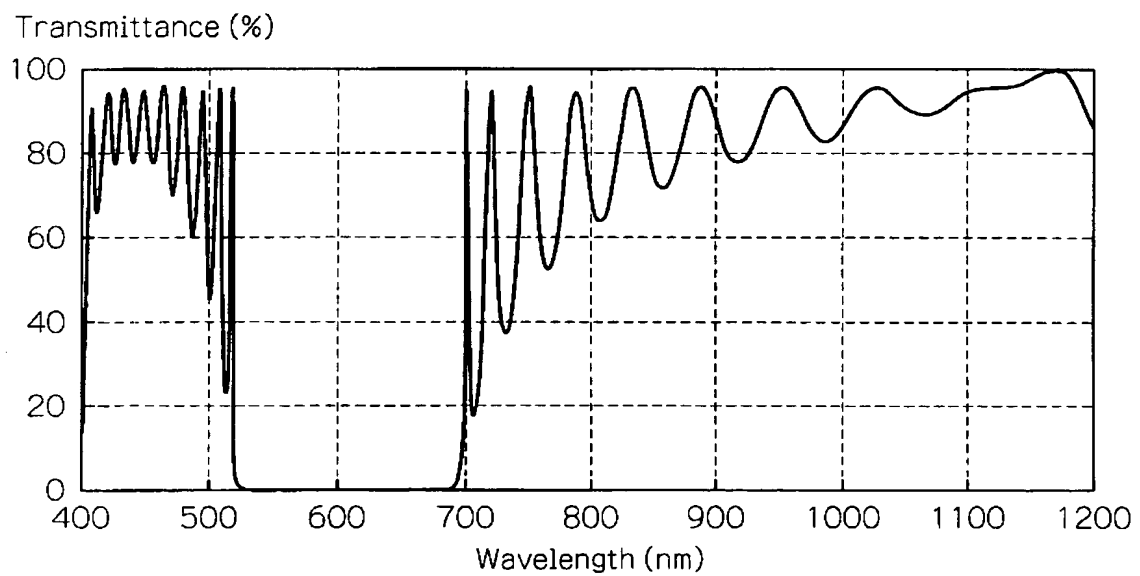


【図 10】

(a)

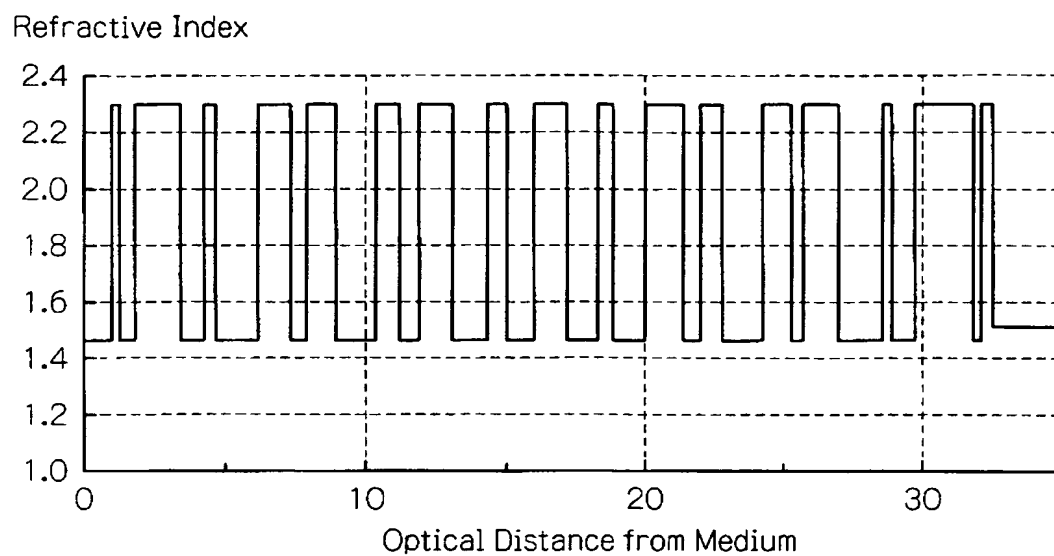


(b)

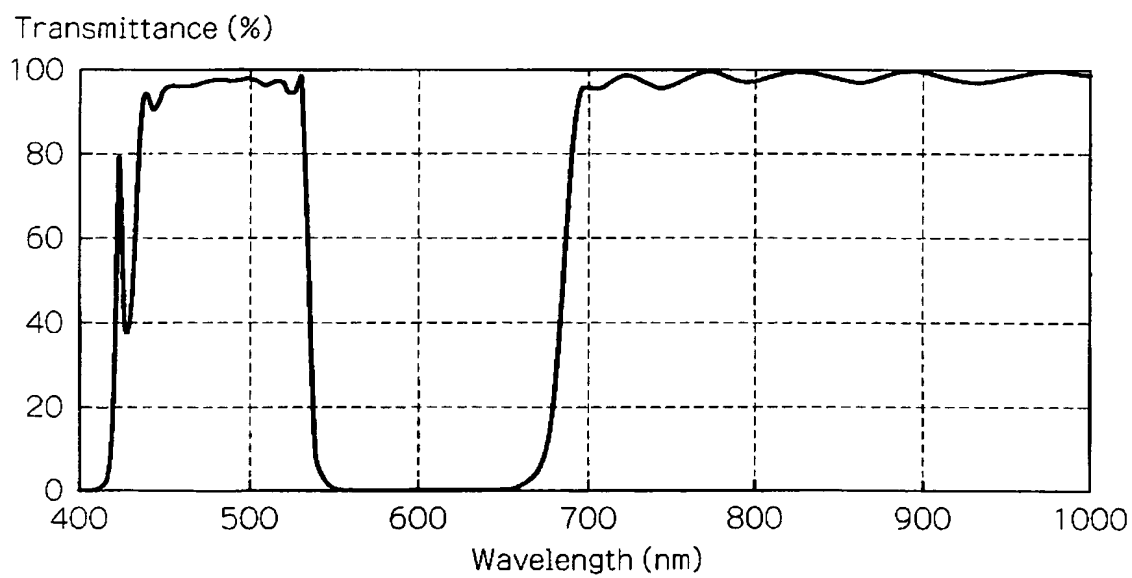


【図 11】

(a)



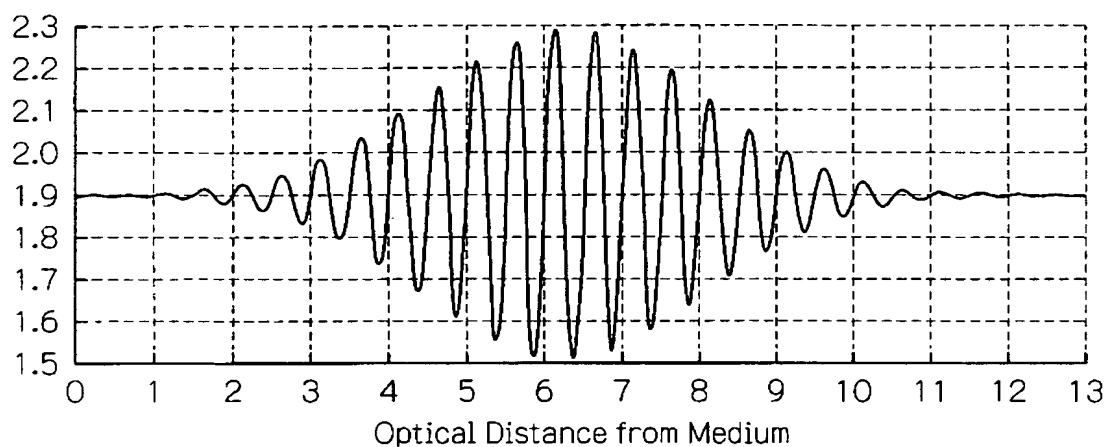
(b)



【図 12】

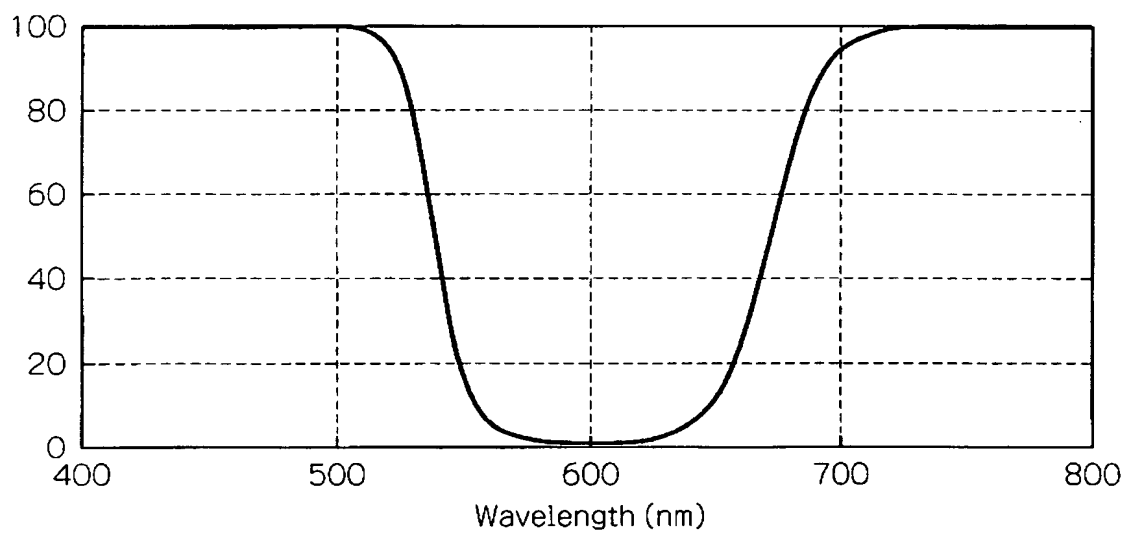
(a)

Refractive Index



(b)

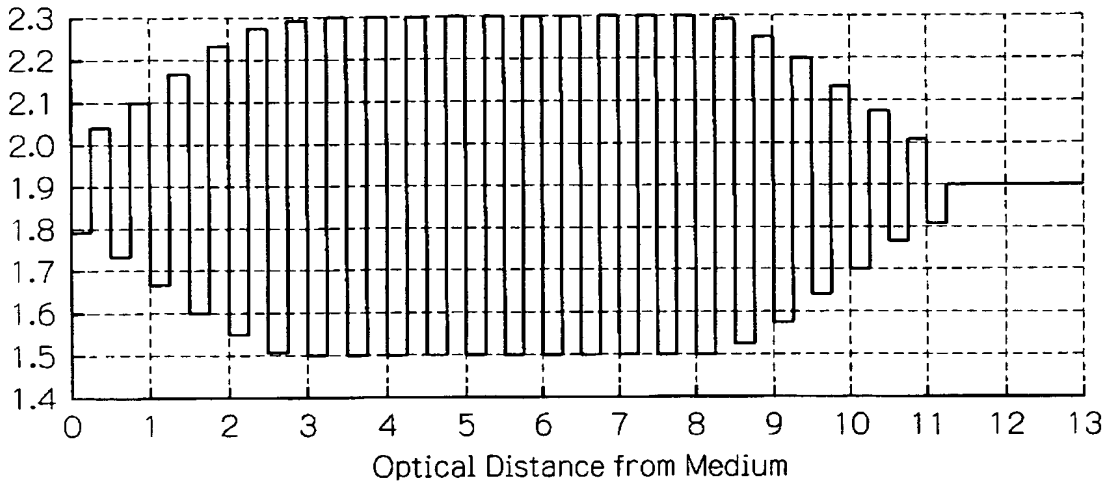
Transmittance (%)



【図 13】

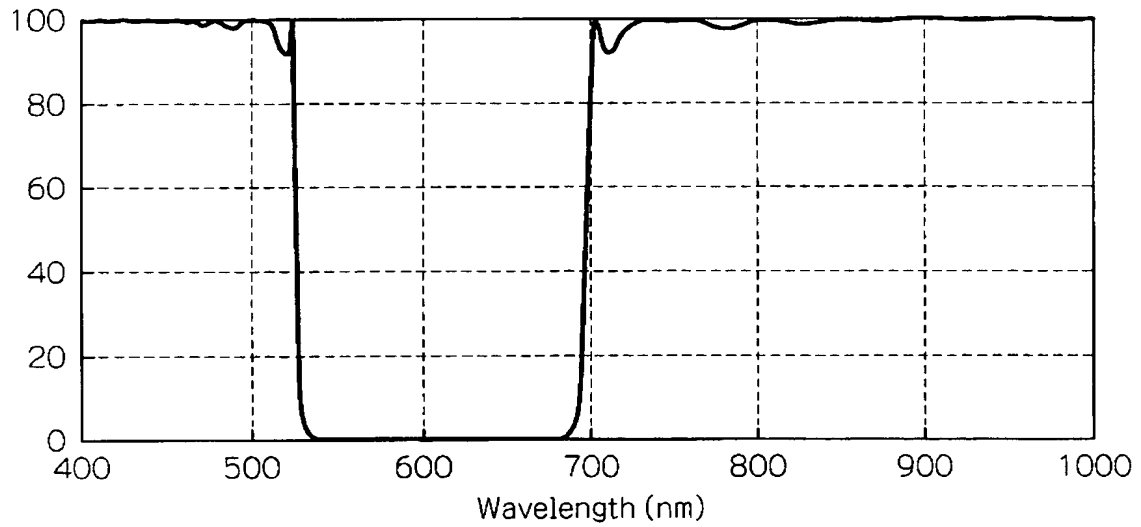
(a)

Refractive Index

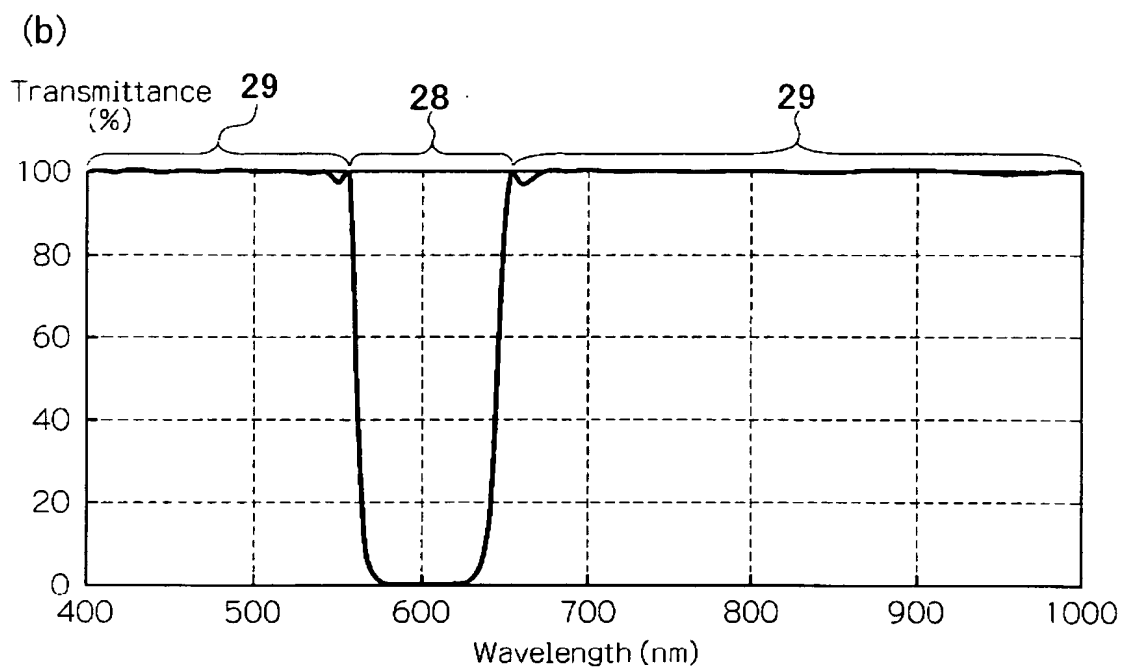
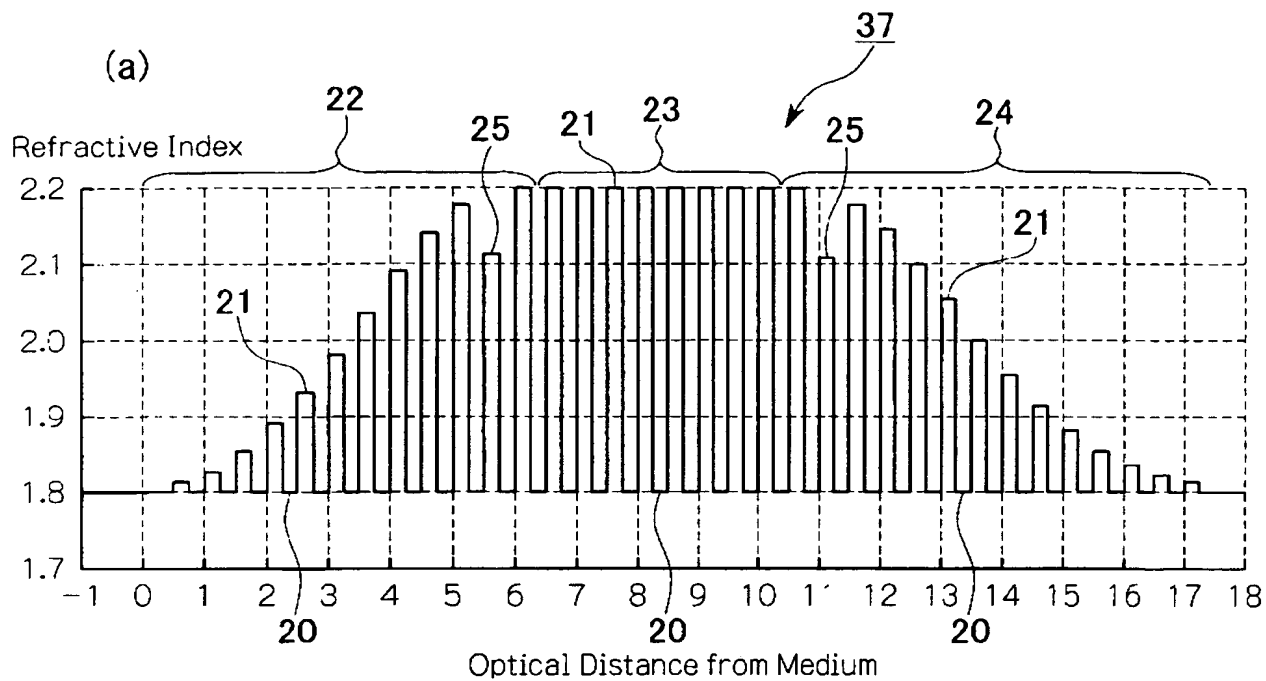


(b)

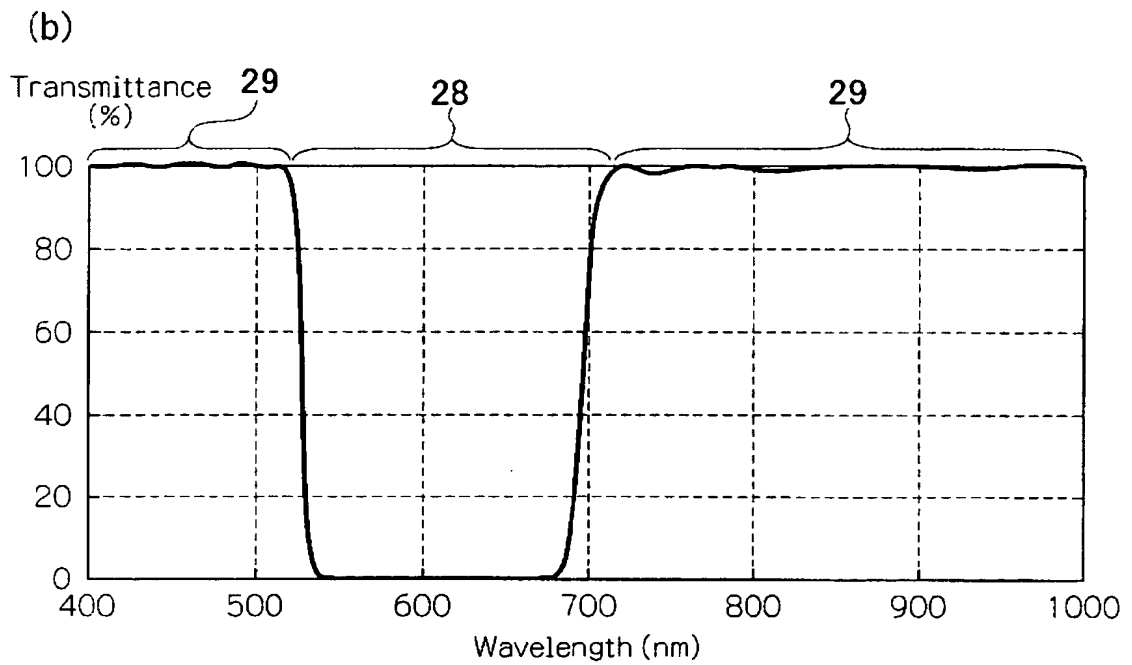
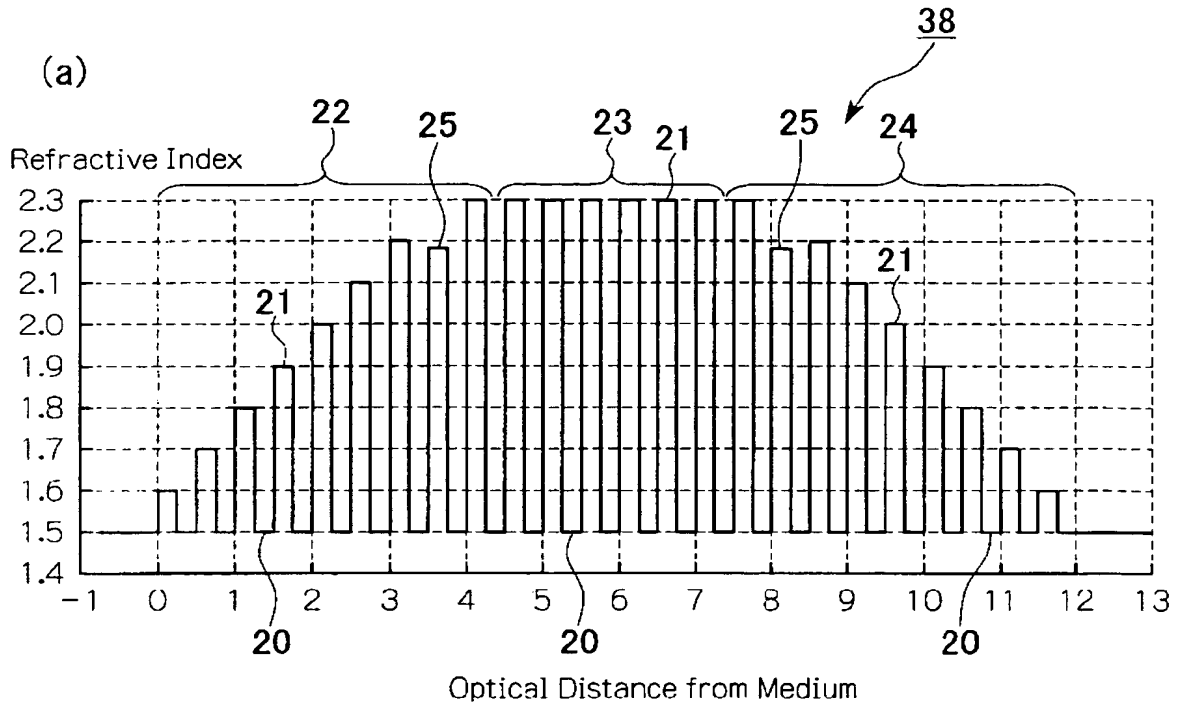
Transmittance (%)



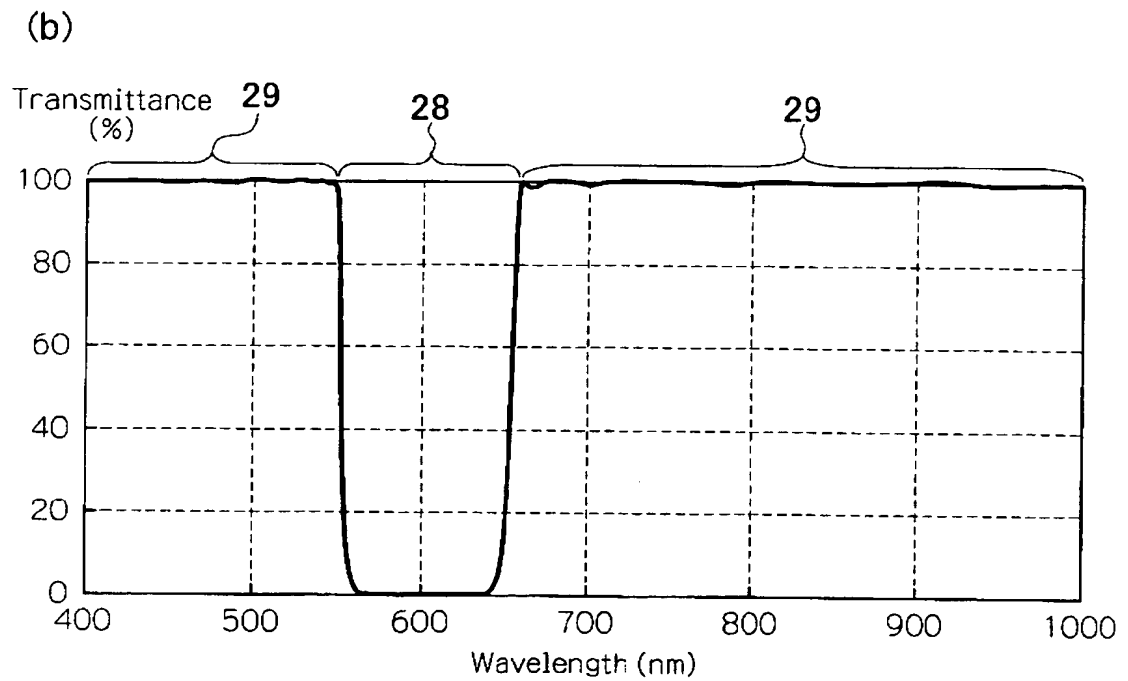
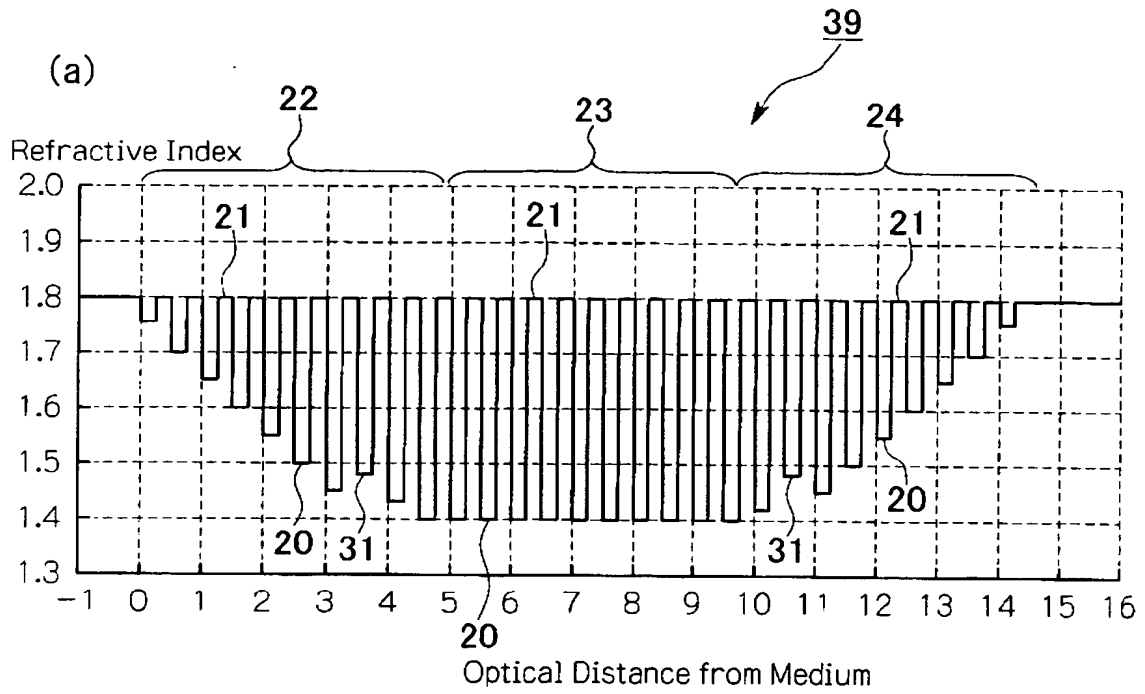
【図 14】



【図 15】



【図 16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 阻止帯域と透過帯域との境界における分光特性の立ち上がりが急峻で透過帯域でのリップルを抑制し、成膜時の膜厚制御が容易な膜構成で光学特性が安定した光学フィルタ、及び検出感度を向上した光学機器を提供すること。

【解決手段】 屈折率が相対的に低い低屈折率層 20 と屈折率が相対的に高い高屈折率層 21 とが交互に積層されて構成され、高屈折率層 21 の屈折率が基板 18 側から漸次高く変化する第 1 の積層部 22 と、高屈折率層 21 の屈折率が第 1 の積層部 22 を構成する高屈折率層 21 のうち最も高い屈折率以上である第 2 の積層部 23 と、高屈折率層 21 の屈折率が第 2 の積層部 23 側から漸次低く変化する第 3 の積層部 24 とを備えている。また、この薄膜 19 には、高屈折率層 21 の屈折率が低屈折率層 20 を介して隣接する両側の他の高屈折率層 21 よりも低く設定された高屈折率変動層部 25 が挿入されている構成とした。

【選択図】 図 2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-299223
受付番号	50301389777
書類名	特許願
担当官	小松 清 1905
作成日	平成 15 年 9 月 4 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000000376
【住所又は居所】	東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号
【氏名又は名称】	オリンパス光学工業株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100106909
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3-23-3 ORビル
【氏名又は名称】	棚井 澄雄

【代理人】

【識別番号】	100064908
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 ORビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】	100101465
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 ORビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】	100094400
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 ORビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	鈴木 三義

【選任した代理人】

【識別番号】	100086379
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 ORビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	高柴 忠夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100118913
【住所又は居所】 東京都多摩市落合 5 - 1 - 2 - 4 0 4
【氏名又は名称】 上田 邦生

特願 2 0 0 3 - 2 9 9 2 2 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 0 3 7 6]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 0 日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号
氏 名 オリnpas 光学工業株式会社
2. 変更年月日 2 0 0 3 年 1 0 月 1 日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号
氏 名 オリnpas 株式会社